

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-364648

(43)Date of publication of application : 18.12.2002

(51)Int.Cl.

F16C 33/32

F16C 33/62

F16C 33/64

(21)Application number : 2001-172604

(71)Applicant : NSK LTD

(22)Date of filing : 07.06.2001

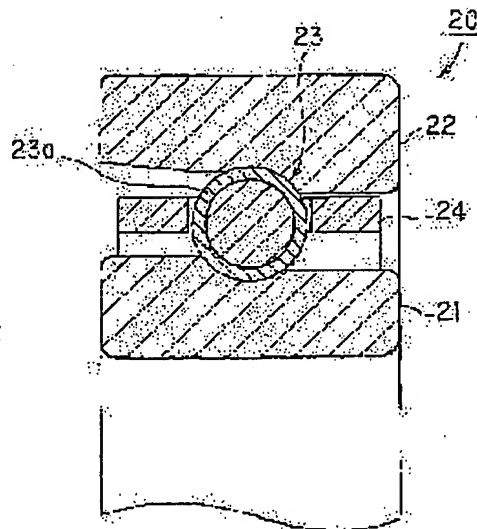
(72)Inventor : MATSUYAMA NAOKI
AZUMI SABURO

(54) ROLLING BEARING

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a less expensive rolling bearing than the one that uses ceramics for a rolling element, which also has higher seizure resistance by attaining lower heat generation than the one that uses a bearing steel for the rolling element.

SOLUTION: In the rolling bearing used for a main spindle for a machine tool, at least either of an inner ring 21 or an outer ring 22 contains 0.2-1.2 wt.% C, 0.7-1.5 wt.% Si, 0.5-1.5 wt.% Mo, 0.5-2.0 wt.% Cr, residual Fe, and steel including inevitable impurity element, and hardening and tempering processes are performed after a carbonitriding process. Thus, the rolling bearing 20 is provided with 0.8-1.3% in surface carbon concentration and 0.2-0.8% in surface nitrogen concentration, having a nitriding layer 23a with hardness of Hv 1200-1500 on a surface of the rolling element 23 using martensitic stainless steel as a base material.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-364648

(P2002-364648A)

(43) 公開日 平成14年12月18日 (2002. 12. 18)

(51) Int.Cl.⁷

F 1 6 C 33/32

33/62

33/64

識別記号

F I

F 1 6 C 33/32

33/62

33/64

テーマコード(参考)

3 J 1 0 1

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願2001-172604(P2001-172604)

(22) 出願日 平成13年6月7日 (2001. 6. 7)

(71) 出願人 000004204

日本精工株式会社

東京都品川区大崎1丁目6番3号

(72) 発明者 松山 直樹

神奈川県藤沢市鶴沼神明一丁目5番50号

日本精工株式会社内

(72) 発明者 安積 三郎

神奈川県藤沢市鶴沼神明一丁目5番50号

日本精工株式会社内

(74) 代理人 100105647

弁理士 小栗 昌平 (外 4 名)

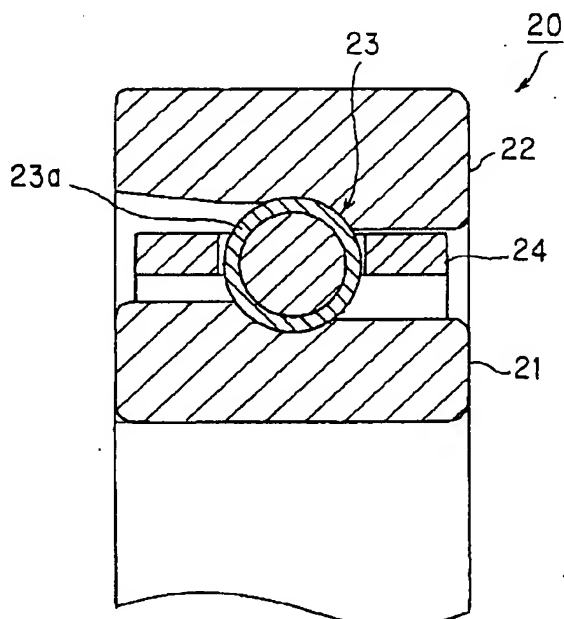
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 転がり軸受

(57) 【要約】

【課題】 転動体にセラミックスを用いた転がり軸受より安価で、転動体に軸受鋼を用いた転がり軸受より低発熱で焼付き性を向上させた転がり軸受を提供する。

【解決手段】 工作機械の主軸に用いられる転がり軸受において、内輪21及び外輪22の少なくとも一方は、重量比でCを0.2～1.2%、Siを0.7～1.5%、Moを0.5～1.5%、Crを0.5～2.0%、残部Fe及び不可避免の不純物元素を含有する鋼からなり、かつ浸炭窒化処理した後に焼き入れ焼き戻し処理することにより、表面炭素濃度を0.8～1.3%とされ、かつ表面窒素濃度を0.2～0.8%とされ、マルテンサイト系ステンレス鋼を母材とする転動体23の表面に窒化層23aを有し、その窒化層23aがHv1200～1500の硬度を有することを特徴とする転がり軸受20。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 工作機械の主軸に用いられる転がり軸受において、軸受鋼を母材とする外輪及び内輪と、マルテンサイト系ステンレス鋼を母材とする転動体とのうち少なくとも転動体の表面に窒化層を有し、その窒化層がHv1200~1500の硬度を有することを特徴とする転がり軸受。

【請求項2】 工作機械の主軸に用いられる転がり軸受において、内輪及び外輪の少なくとも一方は、重量比でCを0.2~1.2%、Siを0.7~1.5%、Moを0.5~1.5%、Crを0.5~2.0%、残部Fe及び不可避の不純物元素を含有する鋼からなり、かつ浸炭窒化処理した後に焼き入れ焼き戻し処理することにより、表面炭素濃度を0.8~1.3%とされ、かつ表面窒素濃度を0.2~0.8%とされ、マルテンサイト系ステンレス鋼を母材とする転動体の表面に窒化層を有し、その窒化層がHv1200~1500の硬度を有することを特徴とする転がり軸受。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、工作機械用の主軸に用いられる転がり軸受に関する。

【0002】

【従来の技術】 近時、各種の工作機械は、加工効率及び生産性向上のために、マシニングセンタを中心として、主軸の回転及び周辺機器の送り等の高速化が進んでいるが、ユーザーの工作機械に対する高速化の要求は、ますます強くなってきている。工作機械における主軸も更に高速回転とすることが要求されており、グリース潤滑の軸受のDmn値(Dm:転動体のピッチ円径(mm)、n:回転数(min⁻¹))で、 1×10^6 を越えるものも最近では珍しくなくなってきている。

【0003】 これに対応するための転がり軸受の課題は、例えば、寿命低下への対策、発熱増大への対策、高速回転下での焼付きへの対策、振動増大への対策、騒音上昇への対策など数多くある。これら課題を克服するために、現在は高速主軸の転がり軸受には、セラミックスの転動体を採用したものが主流となっている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 転動体がセラミックスからなる転がり軸受は、転動体が軸受鋼からなる転がり軸受と比較して、高速回転下での耐焼付き性、低発熱性に優れているが、コストが高くなる問題がある。本発明は、上記事情に鑑みてなされたもので、その目的は、転動体がセラミックスからなる転がり軸受より安価で、転動体が軸受鋼からなる転がり軸受より低発熱で焼付き性を向上させた転がり軸受を提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】 本発明の前記目的は、工作機械の主軸に用いられる転がり軸受において、軸受鋼

を母材とする外輪及び内輪と、マルテンサイト系ステンレス鋼を母材とする転動体とのうち少なくとも転動体の表面に窒化層を有し、その窒化層がHv1200~1500の硬度を有することを特徴とする転がり軸受によって達成される。また本発明の前記目的は、工作機械の主軸に用いられる転がり軸受において、内輪及び外輪の少なくとも一方は、重量比でCを0.2~1.2%、Siを0.7~1.5%、Moを0.5~1.5%、Crを0.5~2.0%、残部Fe及び不可避の不純物元素を含有する鋼からなり、かつ浸炭窒化処理した後に焼き入れ焼き戻し処理することにより、表面炭素濃度を0.8~1.3%とされ、かつ表面窒素濃度を0.2~0.8%とされ、マルテンサイト系ステンレス鋼を母材とする転動体の表面に窒化層を有し、その窒化層がHv1200~1500の硬度を有することを特徴とする転がり軸受によって達成される。

【0006】 玉軸受を例にとって説明する。一般に玉軸受の回転に伴う発熱量は、内輪及び外輪それぞれの玉との接触面における接触圧力と、内輪及び外輪と玉との間のすべり速度との積が小さいほど、小さいことが明らかとなっている。特に、工作機械主軸用軸受は、微量潤滑下において、一般的に高速回転で用いられることが多く、温度上昇により油膜破断が生じ易い。さらに高速回転時には、玉に働く遠心力によって、玉と外輪との間に大きな荷重がかかるため、玉と外輪が純転がり接触に近くなり、玉と内輪との間でのすべりが大きくなる。高速回転下での軸受の発熱量は、この玉と内輪との間のすべりにより生じる摩擦によって大きく左右される。この発熱によって、内輪及び外輪の軌道面の磨耗、軸受の焼付きに至ることがある。本発明の窒化層の縦弾性係数は240GPa程度で、高炭素クロム軸受鋼(SUJ2)の縦弾性係数の208GPaより大きいので、玉と溝の接触部の接触楕円を小さくでき、すべりを抑えることができる。その結果、低発熱化を実現できることで、磨耗、焼付き等も顕著に防止できる。また本発明においては、内輪及び外輪と転動体との接触状態が、異種材料同士の接触状態となるので、軸受鋼の転動体を用いたときに比べて、耐焼付き性が向上する。さらに、母材であるSU440C等のマルテンサイト系ステンレス鋼は、SUJ2等の軸受鋼に比べて線膨張係数が小さいため、軸受温度が上昇して内・外輪温度差が生じて、本転がり軸受においては、転動体が軸受鋼からなる軸受に比べて予圧変化が小さく、玉と溝の接触面圧を軽減することができる。なお、軸受鋼としては、高炭素クロム軸受鋼(SUJ2)の他に、浸炭鋼、耐熱鋼、ステンレス鋼、合金工具鋼、クロム鋼、クロムモリブデン鋼等を採用できる。

【0007】 窒化層(適切な窒素濃度及び硬さを有する層)の形成方法としては、塩浴等による液体窒化処理や、ガス窒化処理や、イオン窒化処理が挙げられる。こ

のうち、イオン窒化処理は処理温度が比較的高く、母材の耐熱性を考慮しても十分な下地の硬度が得られにくかったり、球体形状物の表面に均一な窒化層を形成させることが困難な場合があるため、塩浴窒化処理あるいはガス窒化処理によることが好ましい。なお、好ましい窒化処理温度は480℃以下とする。また、窒化層は、特に処理温度が高い場合に、その最表面に数ミクロン程度の脆弱な化合物層（ ξ 相あるいは ε 相単相からなる擬似セラミックス層）が膜状に形成される場合があるため、窒化処理温度はさらに好ましくは460℃以下とする。また、このように処理温度がより低いものであると、窒化層がより緻密なものとなって粗悪なポーラス層も生成しない。

【0008】本発明における窒化層は ξ 相（Fe₂N）、 ε 相（Fe₂₋₃N）、 γ' 相（Fe₄N）、CrN、及びCr₂N等のうち1種又は2種以上の窒化物がマルテンサイト地に多量に析出したものであり、著しく硬さが高いことに加え、高い靱性も有するため、転動体の損傷を極めて抑制できる。また、母材にはマルテンサイト系ステンレス鋼及び軸受鋼を使用しているので、上記窒化処理条件下でもHRC57～59程度の十分な下地の硬度を確保することが可能となる。また、窒化層を形成させた転動体は、引き続いて仕上げ加工を行い、その表面粗さを0.1 μ mRa以下とすることが好ましい。こうすることで、その窒化層表面が接触する相手部材の表面への攻撃性を弱めることができる。

【0009】以下に転動体の製造方法について説明する。まず、冷間で引抜加工された線材を用い、ヘッダーによる冷間加工或いは切削加工とフラッシング等により素球を製作し、その素球を焼入れ、焼戻し、場合によってはサブゼロ処理を併用することで硬化させる。その後、目標寸法、即ち完成品寸法に設定取り代を加算した寸法まで研削加工を行い、半加工球を製作する。設定取り代は、具体的には目標とする精度まで仕上げ加工を行う際の必要取り代を意味するが、窒化処理による膨縮量も含めたものを意味している。

【0010】窒化処理前の素球が焼入れされたままの状態のものは、その真球度或いは直径相互差等は非常に大きく、一般には数十 μ m～百 μ m程度の設定取り代が必要である。したがって、焼入れされたままの素球に窒化層を形成すると、窒化層が不均一に削られることになり、窒化層厚さが不均一になると同時に、窒化処理によって生じた内部応力のバランスが崩れて、要求精度を出すために仕上げ加工に長時間を要したり、目標精度が達成できなくなる場合もある。また、転動体の耐久性にも影響を与える場合もある。これらの問題は、焼入れされたままの素球で特に顕著であるが、半加工球であってもその精度が不十分である場合には、要求精度を満足できなかったり、仕上げ加工に長時間を要したりする場合があるため、半加工球の真球度は3.0 μ m以下、好まし

くは1.0 μ m以下が必要である。

【0011】また、半加工球は、焼入れ後に焼戻しを施しておかないと、焼入れ時に蓄積された内部残留応力が完成品品質に悪影響を与える場合もあるため、前述した下地の硬度が満足できる範囲で焼戻しを行うと良い。さらに、取り扱い上の表面キズ発生の防止対策あるいは強度面等から、半加工球を製作する上で熱処理後、バレル或いはボールピーニング等の機械的硬化加工によって、更に硬度を高めても良い。

【0012】その結果、得られた転動体は、その表面にHv1200～1500の非常に硬質かつ靱性に優れる窒化層を非常に均一な膜厚となるように形成せしめ、さらに、その窒化層を支える下地が、HRC57以上を満足するような構成としたため、軸受が高負荷条件で作動した場合等においても、耐久性を保持することができる。

【0013】なお、窒化層の厚さは、大きすぎると処理コストが高くなるだけでなく、窒化後の膨縮や変形等が顕著になって、仕上げ加工費も増大し、また、鋼の物性も損なわれるため、3 μ m以上2%Da（直径の2%の意）以下であることが好ましい。また、上述した理由により、窒化層厚さの均一性は5 μ m以内であることが好ましい。

【0014】以上、もっぱら玉軸受の転動体について述べたが、他の転がり軸受の転動体（ころ等）についても、同様のことがいえる。

【0015】特開2000-45049号公報にて、以下のような組成とした浸炭窒化鉄鋼材料を軸受材料として用いることで、高温でのマトリックス強度の強化作用により塑性変形が抑制されて耐焼付き性を著しく向上させた軸受を提示した。つまり、内輪と外輪のうち少なくともいずれかは、合金成分としてCを0.2～1.2重量%、Siを0.7～1.5重量%、Moを0.5～1.5重量%、Crを0.5～2.0重量%の割合で含む鉄鋼材料で形成され、且つ浸炭窒化処理が施された後に焼き入れ焼き戻しが施されて、表面炭素濃度を0.8～1.3重量%とされ、かつ表面窒素濃度を0.2～0.8重量%とされた。高温でのマトリックス強度の強化作用により局部的凝着性が抑制されて、高速すべり、高面圧下での低摩擦特性が発揮される。マルテンサイト系ステンレス鋼を母材とし、表面に窒化層を有し、その窒化層がHv1200～1500の硬度を有する転動体と組み合わせて使用することにより、軸受鋼を母材とする外輪及び内輪を有するものよりも、更に低発熱で、耐磨耗性、耐焼付き性を向上させることができる。

【0016】各成分元素の有効範囲について説明する。

(1) Si；0.7～1.5重量%

Siは焼戻し軟化抵抗性に効果のある元素であり、高温強度を向上させると共に、高温環境下において圧痕起点型剥離の防止に有効な残留オーステナイトの分解を遅滞

10

20

30

40

50

させる効果がある。Si含有量が0.7重量%を下回ると高温強度が不足すると共に、圧痕起点型剥離を生じるようになるので、その下限値を0.7重量%とした。一方、Si含有量が1.5重量%を超えると機械的強度が低下すると共に、浸炭を阻害するようになるので、その上限値を1.5重量%とした。

【0017】(2) Mo; 0.5~1.5重量%

MoはSiと同様に焼戻し軟化抵抗性に効果のある元素であり、高温強度を向上させる効果がある。また、Moは浸炭窒化された表面に微妙な炭化物を形成する炭化物形成元素として作用する。Mo含有量が0.5重量%を下回ると高温強度が不足すると共に、表面に析出する炭化物が不足するようになるので、その下限値を0.5重量%とした。一方、Mo含有量が1.5重量%を超えると素材の段階で巨大炭化物が形成され、炭化物の脱落を招来して軸受の転がり疲労寿命を低下させるので、その上限値を1.5重量%とした。

【0018】(3) Cr; 0.5~2.0の重量%

CrはMoと同様の作用効果を奏する添加元素である。Cr含有量が0.5重量%を下回ると高温強度が不足すると共に、表面に析出する炭化物の量が不足するようになるので、その下限値を0.5重量%とした。一方、Cr含有量が2.0重量%を超えると素材の段階で巨大炭化物が形成され、炭化物の脱落を招来して軸受の転がり疲労寿命を低下させるので、その上限値を2.0重量%とした。

【0019】(4) C; 0.2~1.2重量%

上述のように残留オーステナイト量が多くなりすぎると残留オーステナイトが分解して形状の経時変化が発生し、軸受の寸法安定性が損なわれる。一方、軌道輪表面における残留オーステナイトの存在は圧痕起点型剥離の防止に効果的である。したがって、表面に残留オーステナイトを存在させた上で、軸受全体に占める残留オーステナイトの量を制御するのが好ましく、そのためには軸受芯部の残留オーステナイトの量を抑制する必要がある。このような観点から表面および芯部を含めて平均残留オーステナイトの鋼中に占める量を5体積%以下とするのが好ましく、そのためには残留オーステナイトが依存する炭素濃度を1.2重量%以下にする必要があるもので、その上限値を1.2重量%とした。一方、炭素濃度が0.2重量%を下回ると浸炭窒化処理で所望の浸炭深さを得るのに長時間を要し、全体的なコスト上昇を招来するようになるので、その下限値を0.2重量%とした。

【0020】(5) 表面C濃度; 0.8~1.3重量%
浸炭窒化処理により表面に炭素を付加するとマトリックスとなるマルテンサイト組織を固溶強化することができると共に、極表層部において圧痕起点型剥離の防止に有効な多量の残留オーステナイトを形成することができる。表面炭素濃度が0.8重量%を下回ると表面硬さが

不足して転がり疲労寿命や耐摩耗性が低下するので、その下限値を0.8重量%とした。一方、表面炭素濃度が1.3重量%を超えると浸炭窒化処理時に巨大炭化物が析出し、転がり疲労寿命を低下させることとなるので、その上限値を1.3重量%とした。

【0021】(6) 表面N濃度; 0.2~0.8重量%
浸炭窒化処理により表面に窒素を付加すると焼戻し抵抗が向上して高温強度が増大し、耐摩耗性が向上すると共に、極表層部において圧痕起点型剥離の防止に有効な多量の残留オーステナイトを存在させることができる。表面窒素濃度が0.2重量%を下回ると高温強度が低下して耐摩耗性が低下するので、その下限値を0.2重量%とした。一方、表面窒素濃度が0.8重量%を超えると軸受製造時における研削仕上げが困難になり、難研削のために軸受の生産性が低下するので、その上限値を0.8重量%とした。

【0022】(7) その他の成分元素

その他の成分元素として微量のTiを添加することが好ましい。Tiを添加すると微細なチタン炭化物(TiC)や炭化窒化物(Ti(C+N))がマトリックス中に析出分散し、耐摩耗性および耐焼付き性を向上させるからである。この場合にTi含有量は0.1~0.3重量%とすることが望ましい。Ti含有量が0.1重量%を下回ると炭化物の析出効果が得られなくなるので、その下限値を0.1重量%とする。一方、Ti含有量が0.3重量%を超えると巨大な析出物が形成されやすくなり、これが欠陥となって転がり疲労寿命が逆に低下することがあるので、その上限値を0.3重量%とする。ちなみにチタン析出物(TiC, Ti(C+N))の大きさが0.1μm以下であると、耐摩耗性や耐焼付き性の向上に寄与する。

【0023】なお、S, P, H, Oなどの不可避的不純物元素は可能な限り含まないようにするほうが望ましい。特に酸素(O)の含有量が12ppmを超えると酸化物系介在物が形成されやすくなり、これが欠陥となって転がり疲労寿命を低下させることがあるので、酸素含有量は12ppm未満とすることが望ましい。

【0024】

【発明の実施の形態】以下、図面に基づいて本発明の実施形態を説明する。図1に示す本発明第1実施形態のアンギュラ玉軸受10は、内輪11、外輪12、内外輪11、12間に複数配置された玉13及び玉13を円周方向等間隔に保持する保持器14を備えている。本実施形態は、工作機械の主軸支持用転がり軸受である。本実施形態においては、内外輪11、12が、高炭素クロム軸受鋼により形成されている。そして、玉13は、マルテンサイト系ステンレス鋼を母材としており、その表面にHv1200~1500の硬度を有する窒化層13aが形成されている。

【0025】図2に示す本発明第2実施形態のアンギュ

ラ玉軸受20は、内輪21、外輪22、内外輪21、22間に複数配置された玉23及び玉23を円周方向等間隔に保持する保持器24を備えている。本実施形態は、工作機械の主軸支持用転がり軸受である。本実施形態においては、内外輪21、22が、重量比でCを0.2～1.2%、Siを0.7～1.5%、Moを0.5～1.5%、Crを0.5～2.0%、残部Fe及び不可避免的な不純物元素を含有する鋼からなり、かつ浸炭窒化処理した後に焼き入れ焼き戻し処理することにより、表面炭素濃度を0.8～1.3%とされ、かつ表面窒素濃度を0.2～0.8%とされている。そして、玉23がマルテンサイト系ステンレス鋼により形成されているとともに、玉23の表面にはHv1200～1500の窒化層23aが形成されている。

【0026】

【実施例】図1又は図2に示したような形態の、以下の4種類のアンギュラ玉軸受（実施例1～2、比較例1～2）を用意した。

（実施例1）内外輪が高炭素クロム軸受鋼（SUJ2）からなり、転動体（玉）がマルテンサイト系ステンレス鋼（SUS440C）で表面に窒化層を施したもの。

（実施例2）内外輪は、素材に合金元素としてCを0.94重量%、Siを1.02重量%、Moを0.88重量%、Crを1.52重量%の割合で含み、更に浸炭窒化処理を行って表面炭素濃度を1.15重量%、表面窒素濃度を0.23重量%とされたもので、転動体（玉）がマルテンサイト系ステンレス鋼（SUS440C）で表面に窒化層を施したもの。

（比較例1）内外輪及び転動体（玉）が高炭素クロム軸受鋼（SUJ2）からなるもの。

（比較例2）内外輪が高炭素クロム軸受鋼（SUJ2）からなり、転動体（玉）が窒化珪素セラミックスからなるもの。

【0027】上記実施例1～2及び比較例1～2のアンギュラ玉軸受は全て、内径65mm、外径100mm、幅18mm、玉径7.144mm、玉数28個、接触角18°で、グリース潤滑（イソフレックスNBU15）である。これら実施例1～2及び比較例1～2を、それぞれ、図3に示すような縦型試験機50に2列背面組合せ（DB組合せ定位予圧）で、組込み時アキシャルばね定数を100N/μmにして組み込んだ。実施例1～

2ないし比較例1～2のアンギュラ玉軸受52、52は、縦型試験機50の回転軸51を支持する。一対のアンギュラ玉軸受52、52間には、内輪間座53及び外輪間座54が配される。回転軸51をベルト駆動によって回転し、各実施例及び比較例について、外輪昇温と高速限界を観測した。

【0028】試験結果を図4に示す。図4の、横軸は回転数（min⁻¹）、縦軸は外輪昇温（℃）を示す。比較例1の場合、16000min⁻¹で焼き付き、内輪の軌道面に磨耗が発生していたが、実施例1の場合、19000min⁻¹まで耐えた。また、実施例1は、各回転数での昇温も比較例1より低かった。比較例2は、現在最も多く高速主軸に採用されているものであり、耐焼き付き性、低発熱性ともに一番優れた結果となった。一方、実施例2は、比較例2に匹敵する高速限界を得ることができ、昇温も19000min⁻¹までは比較例2と差がなかった。

【0029】なお、本発明は上述した実施形態、実施例に限定されるものではなく、適宜な変形、改良等が可能である。例えば、複列の転がり軸受にも本発明を適用できる。

【0030】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、低コストで、高速回転での温度上昇が低く、耐焼き付き性、耐磨耗性に優れた軸受を提供することができ、高信頼性を有する工作機械用主軸を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態を示す断面図である。

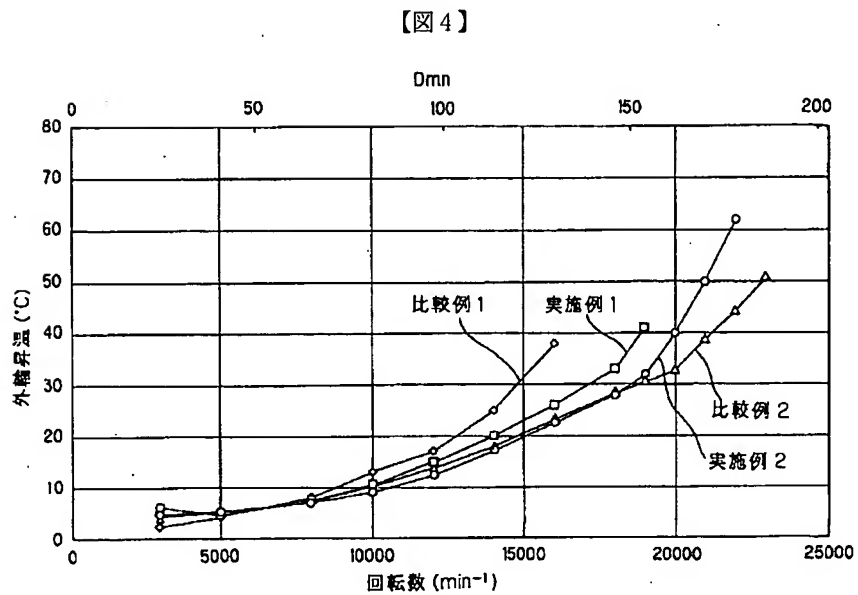
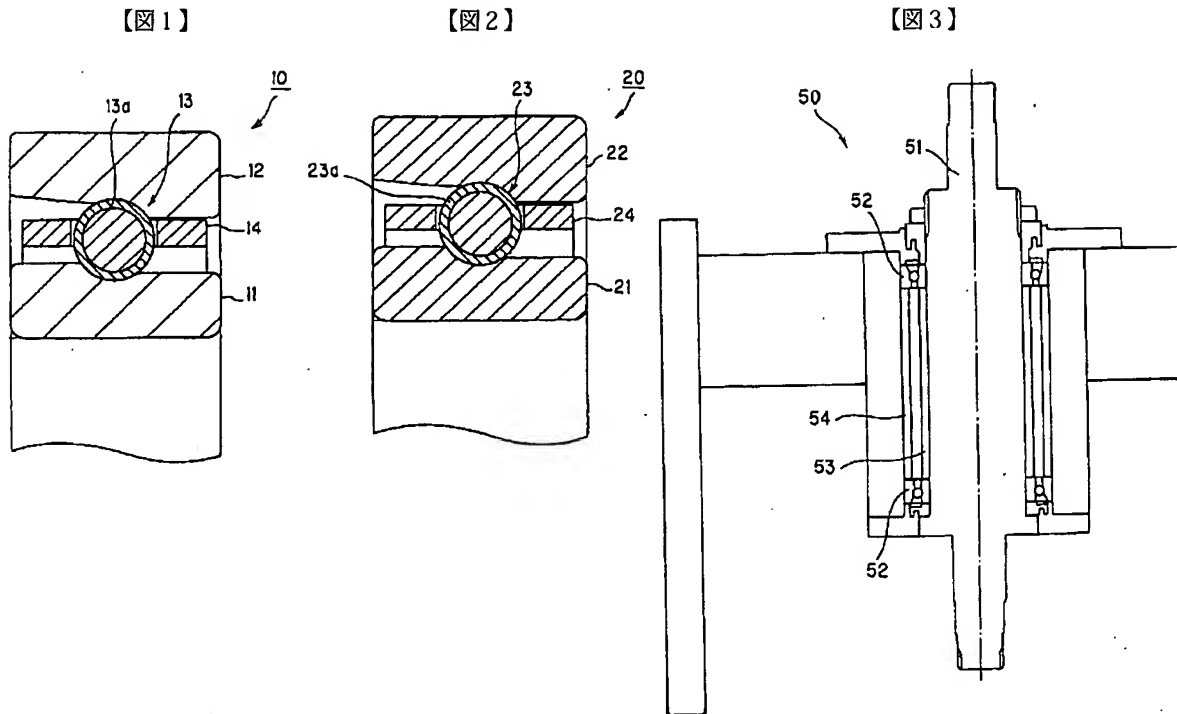
【図2】本発明の第2実施形態を示す断面図である。

【図3】縦型試験機に本発明実施例や比較例を組み込む様子を説明する図である。

【図4】本発明実施例及び比較例に関する試験結果を説明するグラフである

【符号の説明】

10、20 アンギュラ玉軸受（転がり軸受）
11、21 内輪
12、22 外輪
13、23 玉（転動体）
14、24 保持器
13a、23a 窒化層



フロントページの続き

Fターム(参考) 3J101 AA01 AA32 AA42 AA54 AA62
 BA10 BA70 DA02 DA03 EA03
 EA06 FA33 FA44 GA31